

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
3. April 2003 (03.04.2003)

PCT

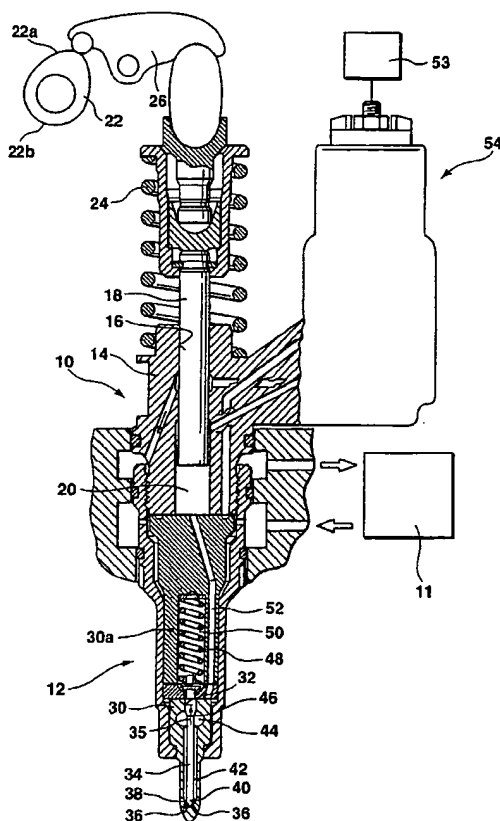
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/027468 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F02D 41/20**, (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
F02M 51/06, H01L 41/04 **US**): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02
20, 70442 Stuttgart (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE02/02574**
- (22) Internationales Anmeldedatum: **13. Juli 2002 (13.07.2002)**
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität: **101 46 747.8 22. September 2001 (22.09.2001) DE**
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BOSS, Juergen** [DE/DE]; Im Kirchle 41, 70806 Kornwestheim (DE).
RUEGER, Johannes-Joerg [DE/AT]; Postfach 146,
A-1011 Wien (AT). **ZIMMERMANN, Klaus** [DE/AT];
Wallrisstrasse 12a/17, A-1180 Wien (AT).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): **HU, JP, PL, US.**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **FUEL INJECTION DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

(54) Bezeichnung: **KRAFTSTOFFEINSPRITZEINRICHTUNG FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINE**



(57) Abstract: The invention concerns a fuel injection device comprising a fuel injection valve (12) having at least an injection valve element (34) for controlling at least an injection opening (36). Said injection valve element (34) is actuated against a closing force in the opening direction (35) by pressure exerted in the pressure chamber (44) of the fuel injection valve (12). Said pressure exerted in the pressure chamber (44) is produced by a plunger piston (18) of a high-pressure fuel pump (10), driven in a lifting movement by a cam (22). The inventive device further comprises a control valve (54) actuated by a piezoelectric actuator (58), and controlled by an electrical control unit (53) for controlling at least indirectly a connection (71) of the pressure chamber (44) with the balancing chamber. When the control valve (54) is closed, the pressure chamber (44) is separated from the balancing chamber, said control valve (54) including a control valve element (56) coupled with the actuator (58) via a fluid coupling (57). The actuator (58) is connected to a corresponding voltage measuring unit (72) after a turbocharging phase, the voltage between the electric terminals (61) of the actuator (58) being controlled in such a way as to detect the operating condition of the control valve (54).

(57) Zusammenfassung: Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung weist ein Kraftstoffeinspritzventil (12) auf, das wenigstens ein Einspritzventilglied (34) aufweist, durch das wenigstens eine Einspritzöffnung (36) gesteuert wird, wobei das Einspritzventilglied (34) von dem in einem Druckraum (44) des Kraftstoffeinspritzventils (12) herrschenden Druck in einer Öffnungsrichtung (35) gegen eine Schliesskraft beaufschlagt ist, wobei der im Druckraum (44) herrschende Druck durch einen Pumpenkolben (18) einer Kraftstoffhochdruckpumpe (10) erzeugt wird, der durch einen Nocken (22) in einer Hubbewegung angetrieben wird, wobei ein durch einen piezoelektrischen Aktor

(58) betätigtes Steuerventil (54) vorgesehen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/027468 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

ist, das durch eine elektrische Steuereinrichtung (53) angesteuert wird, durch das zumindest mittelbar eine Verbindung (71) des Druckraums (44) mit einem Entlastungsraum gesteuert wird, wobei bei geschlossenem Steuerventil (54) der Druckraum (44) vom Entlastungsraum getrennt ist, wobei das Steuerventil (54) ein Steuerventilglied (56) aufweist, das über einen hydraulischen Koppler (57) mit dem Aktor (58) gekoppelt ist. Der Aktor (58) ist nach einer Aufladephase mit einer zugeordneten Spannungsmesseinrichtung (72) verbunden, wobei die Spannung zwischen den elektrischen Anschlüssen (61) des Aktors (58) zur Erkennung der Funktion des Steuerventils (54) überwacht wird.

5

Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine

10

Stand der Technik

15

Die Erfindung geht aus von einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine nach der Gattung des Anspruchs 1.

20

25

30

35

Eine solche Kraftstoffeinspritzeinrichtung ist durch die DE 198 35 494 A1 bekannt. Diese Kraftstoffeinspritzeinrichtung weist ein Kraftstoffeinspritzventil auf, mit einem Einspritzventilglied, durch das wenigstens eine Einspritzöffnung gesteuert wird. Das Einspritzventilglied ist von dem in einem Druckraum des Kraftstoffeinspritzventils herrschenden Druck in einer Öffnungsrichtung gegen eine Schließkraft beaufschlagt. Der im Druckraum herrschende Druck wird durch einen Pumpenkolben einer Kraftstoffhochdruckpumpe erzeugt, der durch einen Nocken in einer Hubbewegung angetrieben wird. Es ist ein durch einen piezoelektrischen Aktor betätigtes Steuerventil vorgesehen, das durch eine elektrische Steuereinrichtung angesteuert wird und durch das eine Verbindung des Druckraums mit einem Entlastungsraum gesteuert wird. Das Steuerventil weist ein Steuerventilglied auf, auf das der Aktor über einen hydraulischen Koppler wirkt, um dieses zwischen einer geöffneten Stellung und einer geschlossenen Stellung zu bewegen. Wenn das Steuerventilglied in seiner geschlossenen Stellung ist, so ist der Druckraum vom Entlastungsraum getrennt und es kann sich in diesem Hochdruck für eine Kraftstoffeinspritzung aufbauen. Der

Zeitpunkt des Erreichens der Schließposition des
Steuerventilglieds ist somit von großer Bedeutung für die
Steuerung der Kraftstoffeinspritzung. Da das
Steuerventilglied vom Aktor jedoch durch den Koppler
5 getrennt ist, ist keine Information über diesen Zeitpunkt
vorhanden. Darüberhinaus ist für eine ordnungsgemäße
Funktion des Steuerventils auch eine vollständige Befüllung
des Kopplers erforderlich.

10 Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzeinrichtung mit den
Merkmalen gemäß Anspruch 1 hat demgegenüber den Vorteil, daß
die Funktion des Steuerventils überwacht werden kann.

15 Während der Aufladephase des piezoelektrischen Aktors baut
sich im hydraulischen Koppler ein Druck auf, der auch nach
Beendigung des Ladevorgangs auf den Aktor zurückwirkt und in
diesem bei abgetrennter Spannungsversorgung eine für die
Druckverhältnisse im Koppler und demzufolge auch für die
20 Umsetzung der Ansteuerspannung in den Hub des
Steuerventilglieds charakteristische Piezospannung erzeugt.
Die Spannung zwischen den elektrischen Anschlüssen am
piezoelektrischen Aktor kann somit ohne das Erfordernis
eines weiteren Sensors als Meßparameter für das
25 Ventilverhalten herangezogen werden.

In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte
Ausgestaltungen und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen
Kraftstoffeinspritzeinrichtung angegeben. Die gemessene
30 Spannung kann gemäß Anspruch 2 dazu herangezogen werden, um
den Zeitpunkt des Erreichens der Schließposition des
Steuerventilglieds zu ermitteln. Der Verlauf der Spannung
kann wie im Anspruch 3 angegeben auf das Auftreten eines
Minimums im Kurvenverlauf hin überwacht werden. Der Druck im
35 Koppler nimmt nach erfolgter Aufladung des Aktors im
zeitlichen Verlauf zunächst ab, da der Aktor nach Beendigung

des Ladevorgangs annähernd seinen vollständigen Hub erreicht hat, während das Steuerventilglied sich zu diesem Zeitpunkt noch auf seine Schließposition zubewegt und der Koppler somit entspannt wird. Sobald das Steuerventilglied die

5 Schließposition erreicht hat und sich aufgrund eines Prellens in Richtung auf seine Öffnungsposition zurückbewegt, erfolgt jedoch eine Kompression des im Koppler befindlichen Mediums, die sich in einem Anstieg der

10 Klemmenspannung bemerkbar macht. Das im Spannungsverlauf auftretende Minimum identifiziert somit den Zeitpunkt, zu dem das Steuerventilglied seine Schließposition erreicht hat. Alternativ kann auch wie im Anspruch 4 angegeben die zeitliche Ableitung der Klemmenspannung gebildet und auf einen Nulldurchgang hin überwacht werden. Der Nulldurchgang

15 des zeitlich abgeleiteten Spannungssignals identifiziert dabei ebenfalls das Minimum im zeitlichen Verlauf der Klemmenspannung und somit das Erreichen der Schließposition durch das Steuerventilglied. In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung wird gemäß Anspruch 5 aus dem ermittelten

20 Zeitpunkt des Erreichens der Schließposition des Steuerventilglieds ein Korrekturwert für einen Steuerparameter der Steuereinrichtung abgeleitet. Dabei kann insbesondere ein Korrekturwert für die Ansteuerspannung des Aktors und/oder für den Ansteuerzeitpunkt und/oder für die

25 Dauer des Ladevorgangs bereitgestellt werden. Gemäß Anspruch 6 kann die Spannung auch zur Erkennung des Befüllungszustands des Kopplers herangezogen werden, da der Druckverlauf im Koppler vom Befüllungszustand abhängig ist und somit ebenfalls Rückwirkungen auf die Spannung zur Folge

30 hat. Die gemäß Anspruch 8 vorgesehene Testansteuerung ermöglicht eine Überprüfung der Funktion des Steuerventils vor einer Kraftstoffeinspritzung, wobei dabei Korrekturwerte ermittelt werden können, die bei der nachfolgenden Kraftstoffeinspritzung verwendet werden können. Der

35 zeitliche Abstand zwischen der Ermittlung des Korrekturwerts und der Ansteuerung des Steuerventils zur

Kraftstoffeinspritzung ist somit sehr gering, so daß die Kraftstoffeinspritzung mit hoher Genauigkeit erfolgen kann.

Zeichnung

5

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine in schematischer Darstellung und Figur 2 ein Kraftstoffeinspritzventil der Kraftstoffeinspritzeinrichtung in vergrößerter Darstellung.

10

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

15

In den Figuren 1 und 2 ist eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine beispielsweise eines Kraftfahrzeugs dargestellt. Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung weist eine Kraftstoffhochdruckpumpe 10 und ein mit dieser verbundenes Kraftstoffeinspritzventil 12 auf. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Kraftstoffhochdruckpumpe 10 und das Kraftstoffeinspritzventil 12 direkt miteinander verbunden und bilden eine sogenannte Pumpe-Düse-Einheit. Es kann alternativ jedoch auch vorgesehen sein, daß die Kraftstoffhochdruckpumpe 10 entfernt vom Kraftstoffeinspritzventil 12 angeordnet ist und über eine Leitung mit diesem verbunden ist. Es ist für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung mit Kraftstoffhochdruckpumpe 10 und Kraftstoffeinspritzventil 12 vorgesehen.

20

25

30

Die Kraftstoffhochdruckpumpe 10 weist einen Pumpenkörper 14 auf, in dem in einer Zylinderbohrung 16 ein Pumpenkolben 18 verschiebbar geführt ist, der in der Zylinderbohrung 16 einen Pumpenarbeitsraum 20 begrenzt. Der Pumpenkolben 18

35

5 wird durch eine Nockenwelle der Brennkraftmaschine über
einen Nocken 22 gegen eine Rückstellfeder 24 in einer
Hubbewegung angetrieben. Zwischen dem Nocken 22 und dem
Pumpenkolben 18 kann als Übertragungselement ein Kipphebel
10 26 angeordnet sein. Der Nocken 22 weist einen erhabenen
Bereich 22a auf, über den der Pumpenkolben 18 gegen die
Kraft der Rückstellfeder 24 in die Zylinderbohrung 16 bis zu
einem inneren Totpunkt hineingedrückt wird, und einen
flacheren Bereich 22b, über den der Pumpenkolben 18 durch
15 die Rückstellfeder 24 aus der Zylinderbohrung 16 bis zu
einem äußeren Totpunkt herausgedrückt wird. Bei der
Hubbewegung des Pumpenkolbens 18 in die Zylinderbohrung 16
hinein führt dieser einen Förderhub aus, bei dem Kraftstoff
im Pumpenarbeitsraum 20 verdichtet wird. Bei der Hubbewegung
20 des Pumpenkolbens 18 aus der Zylinderbohrung 16 heraus führt
dieser einen Saughub aus, bei dem Kraftstoff in den
Pumpenarbeitsraum 20 angesaugt wird.

20 Das Kraftstoffeinspritzventil 12 weist einen Ventilkörper 30
auf, der mehrteilig ausgebildet sein kann und in dem in
einer Bohrung 32 ein Einspritzventilglied 34 geführt ist.
Der Ventilkörper 30 weist an seinem dem Brennraum des
Zylinders der Brennkraftmaschine zugewandten Endbereich
25 wenigstens eine, vorzugsweise mehrere Einspritzöffnungen 36
auf, die über den Umfang des Ventilkörpers 30 verteilt
angeordnet sind. Das Einspritzventilglied 34 weist an seinem
dem Brennraum zugewandten Endbereich eine beispielsweise
etwa kegelförmige Dichtfläche 38 auf, die mit einem im
Ventilkörper 30 in dessen dem Brennraum zugewandten
30 Endbereich ausgebildeten Ventilsitz 40 zusammenwirkt, von
dem oder nach dem die Einspritzöffnungen 36 abführen. Im
Ventilkörper 30 ist zwischen dem Einspritzventilglied 34 und
der Bohrung 32 zum Ventilsitz 40 hin ein Ringraum 42
gebildet, der in seinem dem Ventilsitz 40 abgewandten
35 Endbereich durch eine radiale Erweiterung der Bohrung 32 in
einen das Einspritzventilglied 34 umgebenden Druckraum 44

übergeht. Das Einspritzventilglied 34 weist auf Höhe des Druckraums 44 durch eine Querschnittsänderung eine Druckschulter 46 auf, über die der im Druckraum 44 herrschende Druck eine Kraft auf das Einspritzventilglied 34 vom Ventilsitz 40 weg erzeugt. Am dem Brennraum abgewandten Ende des Einspritzventilglieds 34 greift eine vorgespannte Schließfeder 48 an, durch die das Einspritzventilglied 34 zum Ventilsitz 40 hin gedrückt wird. Die Schließfeder 48 ist in einem Federraum 50 eines einen Teil des Ventilkörpers 30 bildenden Federhalters 30a angeordnet, der sich an die Bohrung 32 anschließt.

Der Druckraum 44 des Kraftstoffeinspritzventils 12 ist über einen Kanal 52 mit dem Pumpenarbeitsraum 20 der Kraftstoffhochdruckpumpe 10 verbunden. Wenn der im Druckraum 44 herrschende Druck über die Druckschulter 46 auf das Einspritzventilglied 34 eine größere Kraft erzeugt als die durch die Schließfeder 48 erzeugte Kraft, so hebt das Einspritzventilglied 34 in dessen Öffnungsrichtung 35 mit seiner Dichtfläche 38 vom Ventilsitz 40 ab und gibt die Einspritzöffnungen 36 frei, durch die Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird. Wenn der im Druckraum 44 herrschende Druck über die Druckschulter 46 auf das Einspritzventilglied 34 eine geringere Kraft erzeugt als die durch die Schließfeder 48 erzeugte Kraft, so bewegt sich das Einspritzventilglied 34 entgegen dessen Öffnungsrichtung 35 mit seiner Dichtfläche 38 zum Ventilsitz 40 hin und verschließt bei Anlage am Ventilsitz 40 die Einspritzöffnungen 36, so daß kein Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird.

Zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzung ist ein elektrisch angesteuertes Steuerventil 54 vorgesehen, durch das eine Verbindung des Pumpenarbeitsraums 20 mit einem Entlastungsraum gesteuert wird. Als Entlastungsraum kann beispielsweise der Kraftstoffvorratsbehälter 11 des

Kraftfahrzeugs oder ein anderer Bereich sein, in dem ein geringer Druck herrscht. Das Steuerventil 54 weist ein Steuerventilglied 56 auf, das über einen hydraulischen Koppler 57 durch einen piezoelektrischen Aktor 58 betätigt wird. Der Aktor 58 wird durch eine elektronische Steuereinrichtung 53 mit einer elektrischen Spannung versorgt. Der Aktor 58 weist eine Anzahl von hintereinandergeschalteten Piezoelementen 59 auf. Das Steuerventil 54 ist beispielsweise am Pumpenkörper 14 angeordnet. Der Aktor 58 ist einerseits mit einer Gehäusewand 60, durch die elektrische Anschlüsse 61 des Aktors 58 hindurchgeführt sind, und andererseits mit einem Stellkolben 62 kraftschlüssig verbunden. Der Stellkolben 62 schließt mit seiner vom Aktor 58 abgewandten Stirnfläche 63 den hydraulischen Koppler 57 ab. Der hydraulische Koppler 57 wirkt seinerseits auf einen in einem Verbindungskanal 64 geführten Stellkolben 65, an dessen vom Koppler 57 abgewandtem Ende das Steuerventilglied 56 angeordnet ist. Es kann vorgesehen sein, daß das Steuerventilglied 56 mit zwei Ventilsitzen zusammenwirkt, die in einem Ventilraum 66 ausgebildet sind, in dem das Steuerventilglied 56 angeordnet ist. Das Steuerventilglied 56 liegt in einer ersten Endposition, die einer spannungslosen Ruheposition des Aktors 58 entspricht, an einem ersten Ventilsitz 68 im Ventilraum 66 an. In einer zweiten Endposition, die einer maximalen Ansteuerung des Aktors 58 entspricht und eine Schließposition des Steuerventilglieds 56 ist, liegt das Steuerventilglied 56 an einem zweiten Ventilsitz 70 im Ventilraum 66 an und verschließt diesen. Es kann auch vorgesehen sein, daß das Steuerventil 54 als doppelschaltendes Ventil ausgebildet ist, wobei das Steuerventilglied 56 wenn es sich in Anlage an einem der beiden Ventilsitze 68,70 befindet jeweils geschlossen ist und nur in einer Zwischenposition zwischen den beiden Ventilsitzen 68,70 geöffnet ist.

In den Ventilraum 66 mündet zwischen den beiden Ventilsitzen 68, 70 eine Verbindung 71 zu dem Entlastungsraum. Über den zweiten Ventilsitz 70 weist der Ventilraum 66 eine Verbindung mit dem Pumpenarbeitsraum 20 auf. Wenn sich das

5 Steuerventilglied 56 in seiner ersten Endposition in Anlage am ersten Ventilsitz 68 befindet, so ist die Verbindung des Ventilraums 66 zum Pumpenarbeitsraum 20 über den zweiten Ventilsitz 70 geöffnet, so daß der Pumpenarbeitsraum 20 mit dem Entlastungsraum verbunden ist und sich in diesem kein

10 Hochdruck aufbauen kann. In der Verbindung 71 des Ventilraums 66 mit dem Entlastungsraum kann eine Drosselstelle 67 vorgesehen sein. Wenn sich das Steuerventilglied 56 in seiner zweiten Endposition und damit seiner Schließposition in Anlage am zweiten Ventilsitz 70

15 befindet, so ist die Verbindung des Ventilraums 66 zum Pumpenarbeitsraum 20 über den zweiten Ventilsitz 70 geschlossen, so daß der Pumpenarbeitsraum 20 vom Entlastungsraum getrennt ist und sich in diesem Hochdruck aufbauen kann, entsprechend dem Förderhub des Pumpenkolbens

20 18. Der Zeitpunkt des Erreichens der Schließposition des Steuerventilglieds 56 bestimmt somit den Beginn der Kraftstoffeinspritzung und die Dauer der Anordnung des Steuerventilglieds 56 in seiner Schließposition bestimmt die Kraftstoffmenge, die eingespritzt wird.

25 Der Aktor 58 des Steuerventils 54 wird durch die Steuereinrichtung 53 abhängig von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine, wie beispielsweise Drehzahl, Last, Temperatur und weiteren, angesteuert. Für die Steuerung der Kraftstoffeinspritzung mit hoher Genauigkeit ist eine

30 Rückmeldung über den Beginn der Kraftstoffeinspritzung erforderlich, der zumindest annähernd gleichzeitig mit dem Zeitpunkt des Erreichens der Schließposition des Steuerventilglieds 56 ist. Zur Erkennung, ob das

35 Steuerventilglied 56 seine Schließposition erreicht hat, wird nach erfolgtem Ladevorgang, das ist nach erfolgter

Ansteuerung des Aktors 58 zum Schließen des Steuerventils 54, für eine vorgebbare Zeitdauer eines Meßfensters an die Anschlüsse 61 des Aktors 58 eine Spannungsmeßeinrichtung 72 angeschlossen, die Bestandteil der Steuereinrichtung 53 sein
5 kann. An die Spannungsmeßeinrichtung 72 kann eine Diagnoseeinrichtung 74 angeschlossen sein. Die Meßdaten können direkt, beispielsweise als analoges Spannungssignal, an die Diagnoseeinrichtung 74 übermittelt werden. Somit erfolgt eine Überwachung der Spannung zwischen den
10 Anschlüssen 61 des Aktors 58 als Funktion der Zeit. Es kann jedoch alternativ zunächst auch die Bildung der zeitlichen Ableitung der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 vorgesehen werden. Dazu werden die Spannungssignale einem der Spannungsmeßeinrichtung 72 zugeordneten
15 Differenzierglied 76 zugeführt. Die dort gebildeten differenzierten Signale werden anschließend an die Diagnoseeinrichtung 74 übermittelt. In beiden Alternativen wird aus dem zeitlichen Verlauf der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 in der Diagnoseeinrichtung 74
20 auf das Erreichen der Schließposition des Steuerventilglieds 56 geschlossen.

Zur Erkennung der Schließposition des Steuerventilglieds 56 wird der zeitliche Verlauf der Spannung zwischen den
25 Anschlüssen 61 des Aktors 58 auf das Auftreten eines Minimums im Kurvenverlauf hin überwacht. Bei der Auswertung der zeitlichen Ableitung der Spannung mittels des Differenzierglieds 76 wird dementsprechend das Auftreten eines Nulldurchgangs überprüft. Wie festgestellt wurde baut
30 sich nach Beendigung der Ladephase des Aktors 58 der Druck im hydraulischen Koppler 57 zunächst ab, da der Aktor 58 nach Beendigung des Ladevorgangs annähernd seinen vollständigen Hub erreicht hat, während das Steuerventilglied 56 sich zu diesem Zeitpunkt noch auf seine
35 Schließposition zubewegt und der Koppler 57 somit entspannt wird. Dieser Druckabfall ist über die Überwachung der

Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 in der Form einer als Funktion der Zeit eintretenden Reduzierung der Spannung nachweisbar.

5 Sobald das Steuerventilglied 56 seine Schließposition erreicht hat und sich aufgrund eines Prellens in Richtung auf seine erste Endposition zurückbewegt, erfolgt jedoch eine Kompression des im Koppler befindlichen Mediums, die sich analog in einem Anstieg der Spannung zwischen den
10 Anschlüssen 61 des Aktors 58 bemerkbar macht. Das im Spannungsverlauf auftretende Minimum identifiziert somit den Zeitpunkt, zu dem das Steuerventilglied 56 seine Schließposition erreicht hat. Auf der Grundlage der Erkennung des Zeitpunkts des Schließens des Steuerventils 54
15 können Korrekturwerte für Steuerparameter der Steuereinrichtung 53 gewonnen werden, die für eine nachfolgende Kraftstoffeinspritzung verwendet werden können und durch die die Genauigkeit der Kraftstoffeinspritzung hinsichtlich Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung und
20 Kraftstoffeinspritzmenge verbessert werden kann.

Es kann vorgesehen sein, daß die vorstehend erläuterte Überwachung der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 jeweils während einer erfolgenden
25 Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird. Die dabei gewonnenen Korrekturwerte können dann für die Steuerung der nachfolgenden Kraftstoffeinspritzung verwendet werden.

Alternativ kann auch vorgesehen sein, daß die vorstehend
30 erläuterte Überwachung der Spannung während einer Testansteuerung des Steuerventils 54 durch die Steuereinrichtung 53 in einem Zeitintervall erfolgt, während dem keine Kraftstoffeinspritzung erfolgt. Dies ist insbesondere während einer Hubphase des Pumpenkolbens 18 der
35 Fall, bei der dieser sich aus der Zylinderbohrung 16 zu seinem äußeren Totpunkt hin bewegt. Der Nocken 18 befindet

sich dann in seinem flacheren Bereich 22b in Anlage am Kipphebel 26. Während dieser Hubphase des Pumpenkolbens 18 wird durch diesen im Pumpenarbeitsraum 20 und damit im Druckraum 44 des Kraftstoffeinspritzventils 12 kein für eine
5 Kraftstoffeinspritzung ausreichender Druck erzeugt, so daß auch beim Schließen des Steuerventils 54 keine Kraftstoffeinspritzung erfolgt. Die Testansteuerung des Steuerventils 54 erfolgt vorzugsweise während eines Zeitintervalls, während dem auch die Befüllung des
10 Pumpenarbeitsraums 20 beim Saughub des Pumpenkolbens 18 mit Kraftstoff sowie die Absteuerung von Kraftstoff aus dem Pumpenarbeitsraum 20 zur Beendigung der Kraftstoffeinspritzung bei geöffnetem Steuerventil 54 nicht oder nur geringstmöglich beeinflußt wird.

15 Bei der Testansteuerung des Steuerventils 54 können Korrekturparameter gewonnen werden, die bereits bei der Steuerung der nachfolgenden Kraftstoffeinspritzung verwendet werden können. Der zeitliche Versatz zwischen der Gewinnung
20 der Korrekturwerte und der Steuerung der Kraftstoffeinspritzung ist bei der Testansteuerung des Steuerventils 54 nur etwa halb so groß wie bei der Gewinnung der Korrekturwerte bei der tatsächlich erfolgten Kraftstoffeinspritzung. Die Genauigkeit der Steuerung der
25 Kraftstoffeinspritzung kann somit nochmals wesentlich erhöht werden. Bei der Testansteuerung des Steuerventils 54 werden direkt vor der Ansteuerung zur Kraftstoffeinspritzung die Korrekturwerte ermittelt.

30 Über Leckspalte wird bei der Bewegung des Stellkolbens 62 ein Teil des im hydraulischen Koppler 57 befindlichen Mediums, das vorzugsweise Kraftstoff ist, herausgedrückt. Für einen bestimmungsgemäßen Zusammenhang zwischen Ansteuerspannung des Aktors 58 und eingespritzter
35 Kraftstoffmenge ist jedoch eine ordnungsgemäße Befüllung des Kopplers 57 erforderlich. Daher ist zwischen zwei

Einspritzungen eine Wiederbefüllung des Kopplers 57 über einen nicht dargestellten Kanal vorgesehen. Für eine Überprüfung, ob der Koppler 57 auch tatsächlich ordnungsgemäß wiederbefüllt wurde, kann wiederum die Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 herangezogen werden. Nach erfolgtem Ladevorgang des Aktors 58 wird wiederum durch die Spannungsmeßeinrichtung 72 der zeitliche Verlauf der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 überwacht. Es wurde festgestellt, daß nach Beendigung des Ladevorgangs des Aktors 58 der Druck im hydraulischen Koppler 57 infolge abströmenden Mediums sich wieder abbaut. Dieser Druckabfall ist über die Überwachung der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 in Form einer als Funktion der Zeit eintretenden Reduzierung der Spannung nachweisbar. Das Ausmaß dieses zeitlichen Abfalls der Spannung ist dabei auch abhängig vom sogenannten Übersetzungsverhältnis im Koppler 57, also dem Verhältnis der Querschnittsfläche des Stellkolbens 62 zur Querschnittsfläche des Stellkolbens 65 und außerdem vom Verhältnis aus dem erzeugbaren Hub des Steuerventilglieds 56 zu der auf den Koppler 57 einwirkenden Längenänderung des Aktors 58. Die Reduzierung der Spannung hängt zudem in besonders ausgeprägtem Maße vom Befüllungsgrad im Koppler 57 ab. Bei voll befülltem Koppler 57 ist ein vergleichsweise ausgeprägter Spannungseinbruch von beispielsweise etwa 50 V nachweisbar. Dagegen ist dieser Effekt bei nur teilweise befülltem Koppler 57 deutlich geringer, wobei der Spannungseinbruch beispielsweise nur etwa 15 V beträgt.

Aus der Überwachung der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 wird somit in der Diagnoseeinrichtung 74 eine Diagnoseaussage gebildet, indem nach erfolgter Ladephase des Aktors 58 die Spannung gemessen wird. Nach einer vorgebbaren Wartezeit von beispielsweise etwa 0,25 ms wird die Spannung erneut gemessen. Sodann wird die Differenz beider Meßwerte gebildet und mit einem Grenzwert verglichen. Es kann dabei

- ein fester Grenzwert vorgegeben sein, der beispielsweise etwa 30 V betragen kann. Alternativ kann jedoch auch ein betriebspunktabhängiger Grenzwert aus einem durch vorherige Eichung gewonnenen, in einem Datenspeichermodul 78
- 5 hinterlegten Kennfeld zugrundegelegt werden. Die Wartezeit ist dabei derart wählbar, daß die Messung der Spannung unmittelbar vor einem darauffolgenden Steuereingriff, nämlich vor einer weiteren Anhebung der Spannung, erfolgt.
- 10 Ist die ermittelte Differenz der Spannung größer als der Grenzwert, so wird als Diagnose auf eine vollständige und ordnungsgemäße Wiederbefüllung des Kopplers 57 geschlossen und es wird keine weitere Maßnahme eingeleitet. Ist die
- 15 ermittelte Differenz der Spannung jedoch kleiner als der Grenzwert, so wird als Diagnose auf eine unvollständige und mangelhafte Wiederbefüllung des Kopplers 57 geschlossen. In diesem Fall wird ein weiterer Vergleich der Differenz der Spannungen mit einem zweiten Grenzwert oder Minimalwert vorgenommen. Durch diesen Vergleich wird noch eine
- 20 Unterscheidung nach Auswirkungen des Fehlers vorgenommen. Unterschreitet die Differenz der Spannungen auch den zweiten, noch geringeren Grenzwert oder Minimalwert, so wird ein wesentlicher Fehler diagnostiziert, der beispielsweise eine sofortige Stilllegung der Brennkraftmaschine zur Folge
- 25 hat. Liegt die Differenz der Spannungen hingegen zwar unterhalb des ersten aber oberhalb des zweiten Grenzwertes, so wird ein leichter Fehler diagnostiziert, der zwar einen weiteren Betrieb der Brennkraftmaschine erlaubt, der jedoch für spätere Diagnosezwecke im Datenspeichermodul 78
- 30 hinterlegt wird.
- Bei Feststellung eines leichten Fehlers in der Diagnoseeinrichtung 74 wird zudem ein Sollwert für die Ansteuerspannung des Aktors 58 vorgegeben, wobei der
- 35 Sollwert derart gewählt wird, daß sich trotz der festgestellten nicht vollständigen Befüllung des Kopplers 57

5 nach einer Ansteuerung der vorgesehene Hub des
Steuerventilglieds 56 ergibt. Die vorstehend erläuterte
Überwachung der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des
Aktors 58 wird vorzugsweise während einer Testansteuerung
des Steuerventils 54 in einer Phase durchgeführt, während
derer keine Kraftstoffeinspritzung erfolgt.

5

Patentansprüche

10 1. Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine
Brennkraftmaschine mit einem Kraftstoffeinspritzventil (12),
das wenigstens ein Einspritzventilglied (34) aufweist, durch
das wenigstens eine Einspritzöffnung (36) gesteuert wird,
wobei das Einspritzventilglied (34) von dem in einem
15 Druckraum (44) des Kraftstoffeinspritzventils (12)
herrschenden Druck in einer Öffnungsrichtung (35) gegen eine
Schließkraft beaufschlagt ist, wobei der im Druckraum (44)
herrschende Druck durch einen Pumpenkolben (18) einer
Kraftstoffhochdruckpumpe (10) erzeugt wird, der durch einen
20 Nocken (22) in einer Hubbewegung angetrieben wird, wobei ein
durch einen piezoelektrischen Aktor (58) betätigtes
Steuerventil (54) vorgesehen ist, das durch eine elektrische
Steuereinrichtung (53) angesteuert wird, durch das zumindest
mittelbar eine Verbindung (71) des Druckraums (44) mit einem
25 Entlastungsraum gesteuert wird, wobei bei geschlossenem
Steuerventil (54) der Druckraum (44) vom Entlastungsraum
getrennt ist, wobei das Steuerventil (54) ein
Steuerventilglied (56) aufweist, das über einen
hydraulischen Koppler (57) mit dem Aktor (58) gekoppelt ist,
30 dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (58) nach einer
Aufladephase mit einer zugeordneten Spannungsmeßeinrichtung
(72) verbunden ist und daß die Spannung zwischen den
elektrischen Anschlüssen (61) des Aktors (58) zur Erkennung
der Funktion des Steuerventils (54) überwacht wird.

35

2. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannung zwischen den elektrischen Anschlüssen (61) des Aktors (58) zur Erkennung des Erreichens einer Schließposition des Steuerventilglieds (56) herangezogen wird.

3. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der zeitliche Verlauf der Spannung auf das Auftreten eines Minimums im Kurvenverlauf hin überwacht wird.

4. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zeitliche Ableitung der Spannung gebildet und auf einen Nulldurchgang hin überwacht wird.

5. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem ermittelten Zeitpunkt des Erreichens der Schließposition des Steuerventilglieds (56) ein Korrekturwert für einen Steuerparameter der Steuereinrichtung (53) gebildet wird, der bei einer nachfolgenden Kraftstoffeinspritzung berücksichtigt wird.

6. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannung zwischen den elektrischen Anschlüssen (61) des Aktors (58) zur Erkennung des Befüllungszustands des Kopplers (57) herangezogen wird.

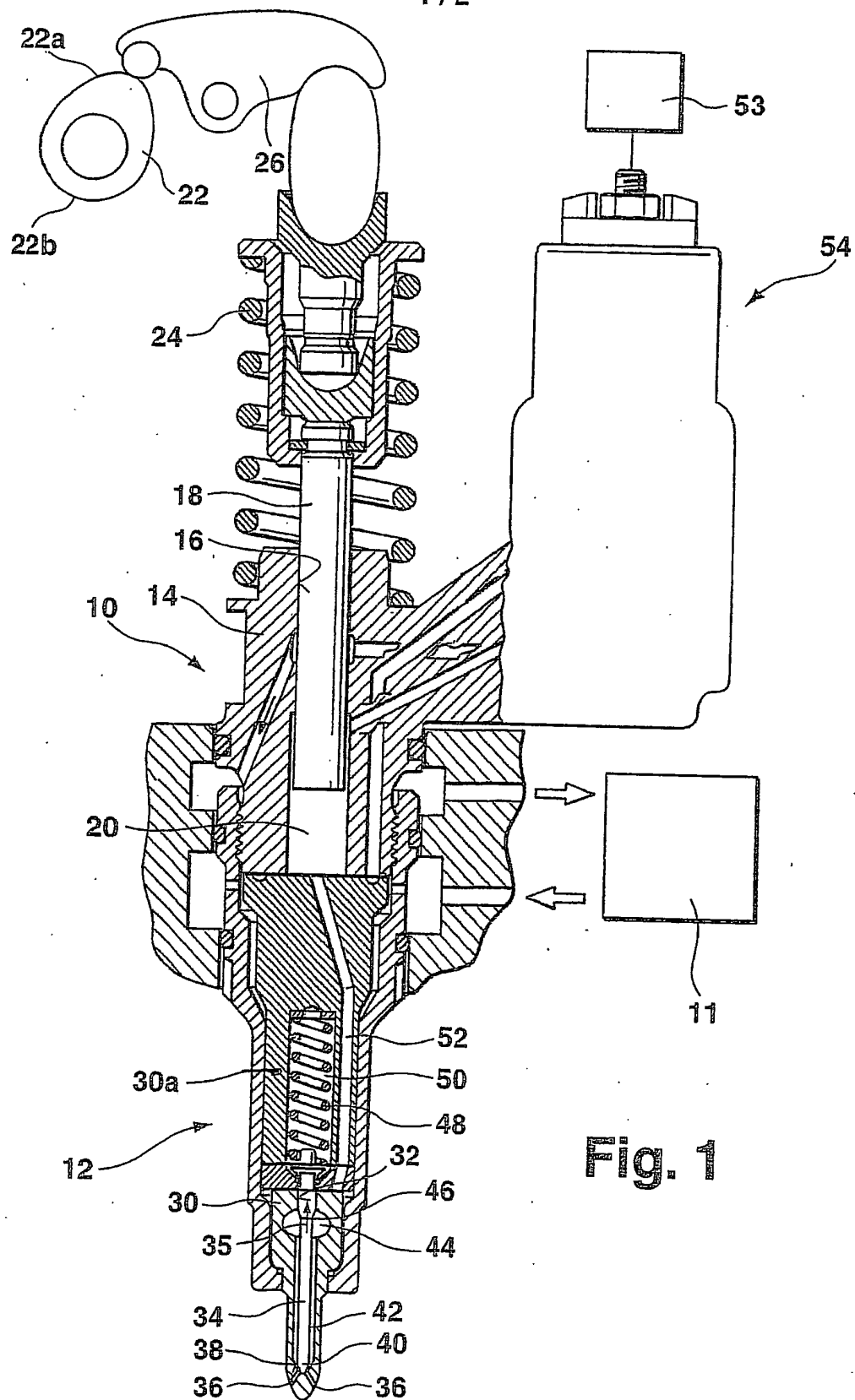
7. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Differenz zwischen einer unmittelbar nach Beendigung der Aufladephase des Aktors (58) gemessenen Spannung und einer nach Ablauf einer vorgebbaren Wartezeit gemessenen Spannung mit einem Grenzwert verglichen wird.

8. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der
vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die
Spannung zwischen den elektrischen Anschlüssen (61) des
Aktors (58) zur Erkennung der Funktion des Steuerventils
5 (54) während einer Testansteuerung des Steuerventils (54)
überwacht wird, während derer keine Kraftstoffeinspritzung
stattfindet.

9. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 8, dadurch
10 gekennzeichnet, daß die Testansteuerung des Steuerventils
(54) in einer Hubphase des Pumpenkolbens (18) erfolgt,
während der dieser im Druckraum (44) des
Kraftstoffeinspritzventils (12) keinen für ein Öffnen des
Einspritzventilglieds (34) ausreichenden Druck erzeugt.

15
10. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der
vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese
für jedes Kraftstoffeinspritzventil (12) eine eigene
Kraftstoffhochdruckpumpe (10) aufweist, mit einem
20 Pumpenkolben (18), der durch einen Nocken (22) angetrieben
wird.

1 / 2



2 / 2

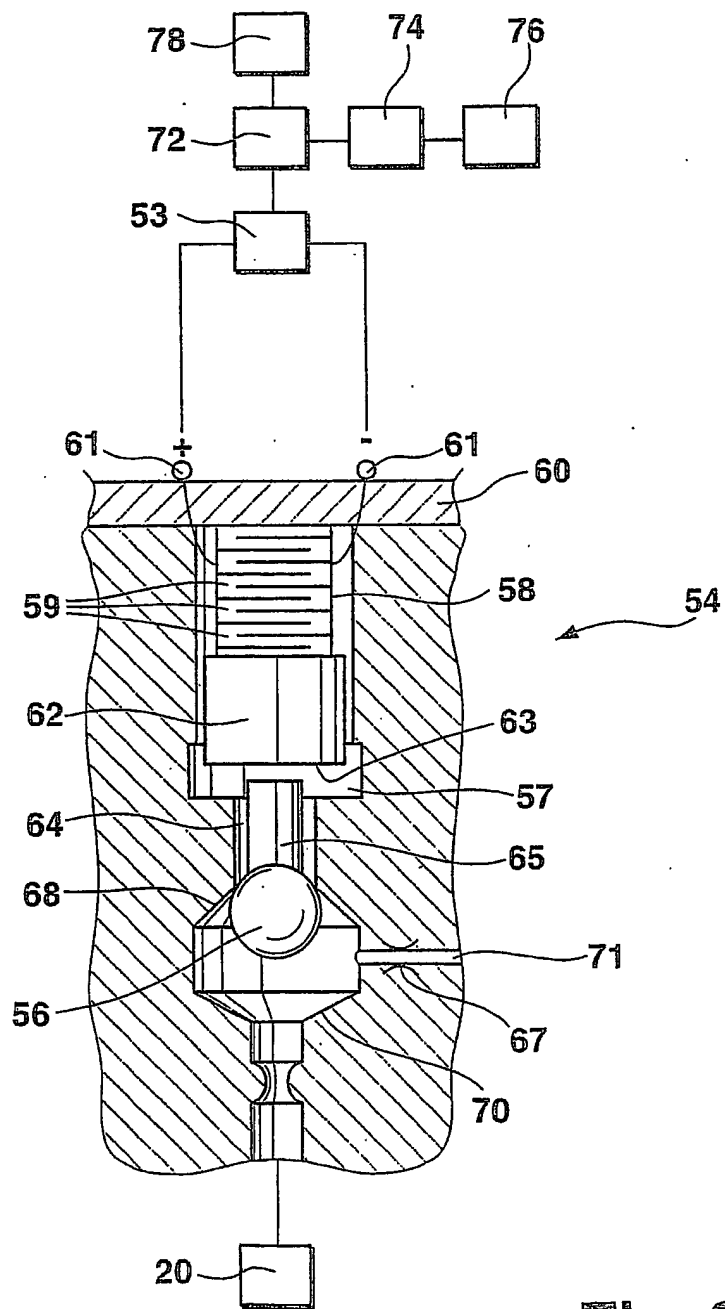


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 02/02574

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F02D41/20 F02M51/06 H01L41/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D F02M H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 199 30 309 A (SIEMENS AG) 11 January 2001 (2001-01-11) the whole document	1-10
A	DE 198 35 494 A (BOSCH GMBH ROBERT) 10 February 2000 (2000-02-10) the whole document	1
A	DE 100 38 995 A (BOSCH GMBH ROBERT) 19 April 2001 (2001-04-19) the whole document	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the International filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

29 November 2002

Date of mailing of the International search report

10/12/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wagner, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 02/02574

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19930309	A	11-01-2001	DE 19930309 A1	11-01-2001
DE 19835494	A	10-02-2000	DE 19835494 A1	10-02-2000
			FR 2782125 A1	11-02-2000
			GB 2340192 A , B	16-02-2000
			JP 2000097127 A	04-04-2000
			US 6240905 B1	05-06-2001
DE 10038995	A	19-04-2001	DE 10038995 A1	19-04-2001
			WO 0129408 A1	26-04-2001
			EP 1224392 A1	24-07-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

ernationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/02574

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F02D41/20 F02M51/06 H01L41/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D F02M H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 199 30 309 A (SIEMENS AG) 11. Januar 2001 (2001-01-11) das ganze Dokument	1-10
A	DE 198 35 494 A (BOSCH GMBH ROBERT) 10. Februar 2000 (2000-02-10) das ganze Dokument	1
A	DE 100 38 995 A (BOSCH GMBH ROBERT) 19. April 2001 (2001-04-19) das ganze Dokument	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. November 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

10/12/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Wagner, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/02574

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19930309	A	11-01-2001	DE 19930309 A1	11-01-2001
DE 19835494	A	10-02-2000	DE 19835494 A1	10-02-2000
			FR 2782125 A1	11-02-2000
			GB 2340192 A ,B	16-02-2000
			JP 2000097127 A	04-04-2000
			US 6240905 B1	05-06-2001
DE 10038995	A	19-04-2001	DE 10038995 A1	19-04-2001
			WO 0129408 A1	26-04-2001
			EP 1224392 A1	24-07-2002

THIS PAGE BLANK (USPTO)